



Revista da Universidade Vale do Rio Verde
ISSN: 1517-0276 / EISSN: 2236-5362
Vol. 16 | n. 1 | Ano 2018

Marco Aurélio Diniz Maciel
Centro Universitário de Maringá
mdmaciel@gmail.com

Márcia Aparecida Andreazzi
Centro Universitário de Maringá/ ICETI
marcia.andreazzi@unicesumar.edu.br

Carlos Barros Junior
Centro Universitário de Maringá
cbjunior51@hotmail.com

Maria de los Angeles Perez Lizama
Centro Universitário de Maringá/ ICETI
maria.lizama@unicesumar.edu.br

José Eduardo Gonçalves
Centro Universitário de Maringá/ICETI
jose.goncalves@unicesumar.edu.br

EMISSIONS OF GASES OF EFFECT ESTUFA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

RESUMO

A mudança climática é acelerada pelas emissões de gases de efeito estufa e o setor da construção civil contribui com um terço destas emissões, por isso, este setor deve avaliar a origem e calcular as emissões buscando a mitigação de seus efeitos. O objetivo deste estudo foi comprovar, por meio de um inventário na construção de um edifício comercial, que o projeto elaborado e praticado resultou em mitigação destas emissões. Com base nos resultados encontrados concluiu-se que a emissão total de GEE na obra avaliada foi de 907.049,93 kg CO₂ em uma área total da construção de 10.987 m². Estes dados resultaram em uma emissão de 82,56 kgCO₂/m², valor inferior aos reportados na literatura. Considera-se como contribuição importante para esta redução, o uso de divisórias internas de gesso acartonado e a grande quantidade de painéis de Structural Glazing, em substituição à alvenaria tradicional, comprovando a importância da elaboração de projetos que primem pela sustentabilidade econômica e ambiental.

Palavras-chave: Aquecimento global. Construções sustentáveis. Edificações. Emissões de CO₂. Mudanças climáticas.

GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT

Climate change is accelerated by emissions of greenhouse gases and the construction sector contributes one third of these emissions, so this sector should assess the origin and calculate emissions seeking to mitigate its effects. The aim of this study was to show, by means of an inventory in the construction of a commercial building, the developed and practiced project resulted in mitigation of these emissions. Based on the results, it was concluded that the total GHG emission in the evaluated work was 907.049,93 kg CO₂ in a total construction area of 10.987m². These data resulted in an emission of 82.56 kgCO₂/m², lower than those reported in the literature. It is considered an important contribution to this reduction, the use of internal dividers of gypsum plasterboard and the large number of panels of structural glazing, replacing the traditional masonry, proving the importance of developing projects that excel for economic and environmental sustainability.

Keywords: Buildings. Climate change. CO₂ emissions. Global warming. Sustainable buildings.

Recebido em: 28/11/2016 - Aprovado em: 10/01/2018 - Disponibilizado em: 15/07/2018

INTRODUÇÃO

O Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2007) indica que as mudanças climáticas são causadas e aceleradas pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE). Vários setores são responsáveis por estas mudanças, contudo, o setor da construção contribui com, aproximadamente, um terço das emissões mundiais de CO₂ relacionadas à energia (Benite, 2011).

A construção civil utiliza entre 40 e 50% dos recursos naturais no Brasil, gera 25% dos resíduos sólidos, consome 25% da água e ocupa 12% das terras (UNEP, 2012), de fato, a indústria da construção civil é uma das que mais danos causam ao meio ambiente. Para promover ações de redução destas emissões e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, o setor da construção civil deve avaliar a origem e quantificar estas emissões empregando inventários de emissões de GEE (FGV, 2011). Os resultados obtidos com os inventários podem ser utilizados para a determinação de ações que resultem na redução das emissões. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar um inventário de emissões de GEE das atividades desenvolvidas na construção de um edifício comercial em uma cidade no sul do Brasil e comprovar que o projeto elaborado e praticado resultou em mitigação destas emissões de GEE.

MÉTODOS

Para elaboração deste inventário empregou-se a ferramenta “GHG Protocol” 2013, versão 2013.1.1 e versão 2014.0. O

inventário foi desenvolvido de acordo com os princípios para contabilização e elaboração do relatório citado pelo Programa Brasileiro “GHG Protocol” (2014). Os passos básicos para a realização do inventário incluíram os limites organizacionais e operacionais, a seleção da metodologia de cálculo e fatores de emissão, a coleta de dados das atividades que emitem GEE, o cálculo das emissões e a elaboração do inventário das emissões.

Com relação aos **limites organizacionais**, a obra avaliada foi o prédio administrativo do Centro Universitário de Maringá/ PR/ sul do Brasil, situado na latitude 23°26'31,83”Sul e longitude 51°55'3,57”Oeste. A obra é composta por 8 pavimentos e 2 subsolos, área do pavimento de 1.098 m², área de parede de 1.987 m², área total da obra de 10.987 m² e altura pé direito de 3,8 m. O edifício foi construído com fachadas do tipo “Structural Glazing” e em “Aluminium Composite Material” (ACM) e como **limite geográfico** foi considerado um raio de 10 quilômetros, tendo como área de influência direta a região da cidade de Maringá/ PR.

Os **limites operacionais** foram determinados por meio da identificação das emissões de GEE associadas às operações da empresa incluída nos limites organizacionais. As emissões foram divididas em emissões diretas e indiretas. As emissões diretas abrangeram o consumo de combustíveis fósseis dentro da empresa por meio de equipamentos e veículos próprios e as emissões indiretas englobaram a aquisição de energia elétrica, o consumo de materiais de construção utilizados na obra e os combustíveis fósseis usados em seus transportes.

Para auxiliar o **delineamento das fontes de emissões**, diretas e indiretas, foram definidos três escopos para registro e inventário de GEE: Escopo 1 – considerou as emissões diretas de GEE, que são aquelas provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela empresa, incluindo as emissões da queima de combustíveis por fontes fixas e móveis e pelo consumo de material de construção; Escopo 2 – emissões indiretas de GEE, controladas pela empresa, provenientes da aquisição de energia elétrica e Escopo 3 – que contemplou as fontes de emissão indiretas que possam ser atribuídas à ação da empresa, porém não controladas pela empresa, tais emissões são decorrentes de atividades de extração, fabricação e transporte dos materiais aplicados na obra. Com relação à **definição temporal**, o inventário foi apurado ao longo da construção da obra, no ano de 2014.

Esta pesquisa considerou somente a etapa de pré-uso, que envolveu a extração da matéria-prima, a fabricação de materiais e componentes, o transporte dos materiais até a obra e a execução das etapas de alvenaria, cobertura, pintura e impermeabilizações da construção.

Os dados da atividade foram levantados por meio de entrevista com o engenheiro responsável pela obra, acesso às planilhas de serviços e preços-custo e do memorial descritivo da obra e as emissões de GEE foram baseadas no levantamento quantitativo dos dados de fabricação e consumo de materiais de construção, consumo de combustível no transporte e manuseio desses materiais dentro do canteiro de obra, energia elétrica consumida e outras fontes de emissão. Os dados de consumo

foram multiplicados pelos fatores de emissão estabelecidos por IPT (2009), Bessa (2010), MCT (2010), CPIV (2011), Hammond e Jones (2011), Costa (2012), Votorantin (2012) e Marcos (2015) para determinar a quantidade total de emissões de GEE (kgCO_2/kg) e por metro quadrado construído (kgCO_2/m_2). A definição dos fatores de emissão médios de CO_2 para energia elétrica em kgCO_2/kwh foram baseados no MCTI (2014).

GEE incluídos e excluídos do inventário: na realização deste inventário foi considerado somente a contribuição do CO_2 .

A metodologia de cálculo adotada foi baseada em GVces (2014) e foi calculada a emissão de GEE para cada etapa da construção, de acordo com o memorial descritivo da obra e com a planilha de serviços, multiplicando pelo respectivo fator de emissão, desta forma, foi determinado a quantidade de emissões de GEE da atividade.

Metodologia para o cálculo das emissões no transporte: o cálculo das emissões de GEE relativo ao transporte foi realizado segundo os escopos: Escopo 1: foi utilizado a quantidade de combustível consumido na obra, aplicando diretamente o fator de emissão escolhido, para cada combustível. Escopo 3: foram utilizados a carga transportada e a distância percorrida, escolhendo os fatores de emissão correspondentes para cada modelo utilizado (Costa, 2012) e foram contabilizadas as distâncias entre as fontes de extração e as fábricas dos materiais utilizados na construção do edifício e entre as fábricas e a cidade de Maringá.

Análise das incertezas: as incertezas consideradas neste trabalho e recomendadas pelo guia do Sinduscon/SP (2013) foram calculadas segundo Silva (2014).

Redução dos efeitos da emissão de GEE pela neutralização do carbono: a neutralização ou redução das emissões de GEE é a retirada do CO₂ da atmosfera e a conversão deste em biomassa pela reação de fotossíntese (Azevedo e Quintino, 2010). O cálculo do número de árvores nativas a serem plantadas para neutralização do CO₂ emitido no período de um ano foi baseado em Azevedo e Quintino (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ESCOPO 1.

Preparação do terreno: o terreno onde foi edificada a construção foi limpo e isolado com tapumes ou faixas e dentro dele foi montado o Canteiro de Obra, compatível com as dimensões da obra e conforme as exigências na NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho

na indústria da construção (Memorial descritivo da obra). Na preparação do terreno, foram utilizados os equipamentos movidos a óleo diesel. A potência em HP e o consumo de combustível horário e por metro cúbico foram estimados de acordo com os dados do DNIT (2003) e TCPO (2014). Para o cálculo do tempo de utilização de cada equipamento para realização da tarefa específica, foi multiplicada a quantidade de terra movimentada pelo consumo específico (h/m³) (TCPO, 2014). Foi considerado que todos os equipamentos funcionavam no regime de intensidade média, com fator de potência igual a 55% e consumo específico de óleo diesel de 0,15L/hp.h (Faria, 2012). Assim, o consumo horário de combustível foi calculado multiplicando-se a potência nominal do equipamento e o fator de potência pelo consumo do motor. Finalmente, o consumo total do equipamento foi calculado multiplicando-se o consumo horário de combustível pelo tempo de utilização. Desta forma, o total de GEE emitido na etapa de preparação do terreno foi de 22.756,8 (kg CO₂) (Tabela 1).

Tabela 1- Escopo 1 - Preparação do terreno: quantidade de GEE emitida pelo consumo de combustível pelos maquinários utilizados na preparação do canteiro da obra

Etapa da Obra	Quantidade de GEE ¹ (kg CO ₂)	Área do terreno ² (m ²)	Quantidade ¹ (kg CO ₂ /m ²)	Porcentagem das emissões ¹ (%)
Combustível consumido na preparação do terreno	22.756,80	1.958,50	11,62	2,52

Fonte: ¹calculado; ²memorial descritivo da obra.

ESCOPO 2.

Cálculo das emissões devido à energia elétrica adquirida: a energia elétrica adquirida engloba o consumo de eletricidade para iluminação e operação de equipamentos. A eletricidade foi proveniente de distribuidoras e centrais elétricas pertencentes ao Sistema

Interligado Nacional (SIN), cuja quantidade consumida foi estimada a partir de leitura realizada no medidor de watt-hora instalado no canteiro da obra e totalizou, no ano, 36.018 (Kwh) que resultou em 4.884,04 kg CO₂ emitidos (Tabela 2).

Tabela 2- Escopo 2: Quantidade de GEE emitida em função do consumo de energia elétrica

Etapas da Obra	Quantidade de emissão de GEE¹ (kg CO₂)	Energia adquirida² (kwh)	Quantidade¹ (kg CO₂/ kwh)	Porcentagem¹ (%)
Energia elétrica	4.884,04	36.018	0,4446	0,53

Fonte: ¹calculado; ²memorial descritivo da obra

ESCOPO 3

As considerações para os cálculos e os resultados obtidos referentes aos fatores de emissão em função do transporte, estão descritos, de acordo com o tipo de material:

Cimento: a fábrica que abastece a cidade de Maringá está localizada distante 450 km e o transporte empregado entre a fábrica e o local da obra foi o rodoviário. Adotou-se o fator de emissão de 0,613 kgCO₂/kg cimento (Votorantim Brasil, 2012) que resultou em um fator de emissão de GEE devido ao transporte do cimento da fábrica até o local da obra avaliada de 0,0282 tCO₂/t_{cimento}. **Aço:** Considerou-se que todos os trajetos foram percorridos por caminhões e, baseado na distância e no consumo dos veículos, verificou-se que o fator de emissão de GEE devido ao transporte do aço foi de 0,0840 tCO₂/t_{material}. **Gesso:** o fator de emissão de GEE devido ao transporte do gesso, calculado a partir de seu local de origem até a obra avaliada foi de 0,1983 tCO₂/t_{material}. **Cal, areia, brita, concreto, argamassa usinada e madeira:** para o cálculo do

fator de emissão referente ao transporte da cal, foi considerado o transporte do calcário até a fábrica e desta, até Maringá, utilizando-se caminhões, o que resultou em 0,0282 tCO₂/t_{material}. A comercialização de areia e de brita é regional, o que resultou em baixas emissões: 0,0094 tCO₂/t_{material}. O concreto e a argamassa usinada também foram fornecidos por empresas regionais, situadas a, aproximadamente, 10 km do local da obra. O transporte foi efetuado por caminhões betoneiras e o fator de emissão de GEE referente a este transporte foi de 0,0006 tCO₂/t_{material}. A madeira empregada na obra foi madeira legal, extraída de região distante 230 km de Maringá, transportadas por caminhões, totalizando 0,0144 tCO₂/t_{material}. Os fatores de emissão de GEE referentes ao **transporte dos blocos cerâmicos furados, blocos de concreto e do revestimento cerâmico** foram de 0,0069, 0,0439 e 0,0568 tCO₂/t_{material}, respectivamente. Para o **transporte do vidro** temperado o cálculo mostrou que as emissões foram 0,0756 tCO₂/t_{material} para o **alumínio** 0,0556 tCO₂/t_{material} e para o **EPDM e**

do EPS (Isopor®) foi de 0,0699 tCO₂/t_{material}. **Lã de rocha:** como este material não é utilizado diretamente na obra, sendo agregado nos painéis de ACM e nas placas de gesso acartonado, no estudo da contribuição para as emissões de GEE foi considerado o transporte dos materiais nos quais ele foi incorporado. De igual maneira, a contribuição das emissões de GEE oriundas da lã de vidro, utilizada no enchimento de placas de gesso acartonado, foi considerada juntamente com as emissões originadas pelas placas de gesso acartonado.

Com os resultados dos cálculos dos fatores de emissão no transporte de cada material, foram calculadas as quantidades de GEE emitidas nas diferentes fases de execução da obra avaliada (Tabela 3).

Instalação do canteiro de obra: na construção civil, a madeira é utilizada de forma temporária, como fôrmas para concreto, andaimes, dentre outros e, de forma definitiva, nas esquadrias de portas e janelas e em forros e pisos (IPT, 2009).

Tabela 3- Escopo 3: Quantidade de GEE emitida no transporte de materiais e nas diferentes fases de execução da obra avaliada.

Etapa da Obra	Quantidade de emissão de GEE ¹ (kg CO ₂)	Quantidade ¹ (kg CO ₂ /m ²)	Porcentagem ¹ (%)
Instalação do canteiro	2.773,95	0,25	0,30
Transporte de material da instalação	58,75	-	-
Fundação	80.242,76	7,32	8,80
Transporte de material da fundação	974,65	0,09	0,10
Divisórias	81.375,58	7,41	9,03
Transporte de material das divisórias	16.959,37	1,54	1,78
Esquadrias	9.047,60	3,82	4,65
Transporte de material das esquadrias	812,68	0,14	0,16
Cobertura do telhado	41.942,90	0,82	1,00
Transporte de material da cobertura	1.511,08	0,07	0,09
Revestimento do forro	39.829,40	3,62	4,32
Transporte de material do forro	9.460,46	0,86	1,04
Fachadas	108.618,10	9,89	11,95
Transporte de material das fachadas	17.799,32	1,62	1,97
Revestimento do piso	438.543,72	39,91	48,07
Transporte do revestimento do piso	6.885,87	0,63	0,76
Pintura das paredes internas	14.686,82	1,34	1,63
Transporte de material de pintura	102,00	-	-
Impermeabilização	7.345,03	0,67	0,80
Transporte de material para impermeabilização	438,36	0,04	0,49
Total das emissões de GEE	879.408,40	80,04	96,94
Emissões de GEE oriundas de transporte	55.002,54	4,99	6,39

Fonte: ¹calculado.

Neste estudo, foram utilizados os fatores de emissão determinados por Marcos (2015), equivalente a 0,131 kgCO₂/kg, densidade aparente de 634 kg/m³ e umidade de 12%, da madeira de pinus (*Pinus elliottii*) e por Palermo et al. (2004), equivalente a 87,33 kgCO₂/m³ para as peças de

madeira serrada e beneficiada e os determinados por Hammond e Jones (2011) para as madeiras empregadas em uso temporário. Assim, o total de GEE emitidos em função da quantidade de madeira utilizada na instalação do canteiro foi de 2.773,95 (kg CO₂) ou 5,412 kg CO₂/m² de

construção e o total emitido no transporte desta madeira foi de 58,75 kg CO₂ (Tabela 3).

Fundação do muro de arrimo, do portal de entrada e da rampa de acesso: nesta pesquisa, foram consideradas as fases de fundação dos serviços de construção do muro de arrimo, do portal de entrada e da rampa de acesso, que foram executados sob a responsabilidade da construtora. Baseado no tipo de material empregado, massa e fator de emissão, obteve-se como resultado um total de emissão de GEE na etapa de fundação da obra de 80.242,76 kg CO₂ e um total de 974,65 kg CO₂ emitidos no transporte dos materiais utilizados nesta etapa (Tabela 3).

Vedações internas - divisórias, esquadrias e forro: de acordo com o memorial descritivo da obra, o fechamento interno da obra, consistiu de, quase exclusivamente, gesso acartonado, com isolamento acústica e vidro temperado, com exceção do pavimento subsolo 02, cujo fechamento foi realizado em alvenaria convencional e a escada enclausurada em tijolos de concreto leve. A partir dos materiais constituintes e suas respectivas massas e fatores de emissão, obteve-se um total GEE emitido na etapa de transporte e instalação das divisórias de 6.959,37 kg CO₂ e 81.375,58 kgCO₂, respectivamente. Com relação às esquadrias, seu transporte emitiu 812,68 kgCO₂ e sua montagem 9.047,6 kg CO₂. Os cálculos das emissões relacionadas ao forro, consideraram os tipos de materiais empregados nas diferentes áreas da construção, quantidades e fatores de emissão, assim, obteve-se 9.460,46 kgCO₂ emitidos no transporte do forro e 39.829,4 kgCO₂ em sua instalação (Tabela 3).

Cobertura: a cobertura foi executada em telhas de aço galvanizado trapezoidal, do tipo sanduíche, sendo a chapa inferior com espessura de 0,43 mm, meio em camada de EPS de 30 mm e chapa superior com espessura de 0,43 mm, apoiadas sobre terçamento e tesouras da estrutura metálica. O total de GEE emitido no transporte dos materiais e na execução da fase de cobertura foi de 1.511,08 kgCO₂ (828,44 m²) e 41.942,9 kgCO₂, respectivamente (Tabela 3).

Revestimento de paredes externas (fachada): o revestimento das paredes externas empregado foi o vidro laminado refletivo *Royal Blue* 4mm. Baseando-se na descrição, material utilizado e seus respectivos fatores de emissão, obteve-se que as emissões referentes ao transporte dos materiais do revestimento das paredes externas foram de 17.799,32 kgCO₂ e o total emitidos na etapa de revestimento das paredes externas foi 108.618,10 kgCO₂ (Tabela 3).

Revestimento do piso: de acordo com a descrição, material utilizado, quantidade e fatores de emissão, o cálculo demonstrou que as emissões de GEE na etapa de transporte e de execução de revestimento do piso de foram, respectivamente, 6.885,87 kgCO₂ e 438.543,72 kgCO₂ (Tabela 3).

Pintura das paredes internas: a pintura das paredes internas foi executada sobre massa corrida, em 3 demãos, sendo considerado um rendimento da cobertura de 2,22 m² de superfície por kg de tinta (Hammond e Jones, 2011). Ponderando o tipo de tinta, a área e o fator de emissão, o total de GEE emitido na etapa de transporte dos materiais para a pintura das paredes internas foi de 102,00 kgCO₂ e o total emitido na pintura das paredes internas foi de 14.686,82 kgCO₂.

Impermeabilizações: as impermeabilizações foram executadas empregando manta asfáltica aluminizada, com espessura mínima de 3 mm (Viapol®), aplicada com maçarico. O cálculo baseado no tipo, quantidade de material e fator de emissão, revelou que as emissões decorrentes do transporte dos materiais utilizados na impermeabilização foram 438,36 kgCO₂ e da execução foram 7.345,03 kgCO₂ (Tabela 3).

Do total de emissões referentes ao escopo 3, verifica-se que somente 55.002,54 KgCO₂ (6,39 %) foram emitidos devido ao transporte dos materiais, e, deste total, 63,19% foi emitido em função do transporte dos materiais da fachada e das divisórias (Tabla 3). Tal fato evidencia a necessidade de escolha de fornecedores próximos ao local da obra, pois este é um fator importante para a redução das emissões e dos impactos gerados pela construção civil.

As quantidades totais de emissões de GEE, de acordo com as diferentes etapas da obra avaliada e, segundo os escopos da ferramenta GHG Protocol 2013, versão 2014.0, foram: para o Escopo 1 – emissões em função do consumo de combustível dos maquinários utilizados na preparação do canteiro da obra, 22.756,80 kgCO₂ ou 11,62 kgCO₂/ m² (2,52%) (Tabla 1 e 4), para o Escopo 2 - emissão em função da energia elétrica adquirida, 4.884,04 kgCO₂ ou 0,4446 kgCO₂/kwh (0,54%) (Tabla 2 e 4), e para o Escopo 3 – emissões nas diferentes fases de execução da obra, 879.408,40 kgCO₂ ou 90.04 kgCO/m² (96,95%) (Tabla 3 e 4). Estes dados evidenciaram que o Escopo 3 foi responsável, por quase a totalidade das emissões (96,95%) e o Escopo 2, pelas menores emissões (0,53%).

O cálculo das incertezas (Tabela 4) exibiu grande variação entre as fases, destacando as maiores incertezas para o Escopo 3 (7,13%) e as menores para o Escopo 2, referente a energia elétrica adquirida (1,87%).

Tabela 4- Quantidade de GEE emitidos nos diferentes escopos e fases da obra e suas incertezas.

Fase	Atividade	GEE emitido ¹ (kg CO ₂)	Contribuição das emissões (%)	Incertezas ¹ (%)
Escopo 1	Preparo do terreno	22.756,80	02,52	3,46
Escopo 2	Energia elétrica adquirida	4.884,04	00,53	1,87
Escopo 3	GEE emitida no transporte de materiais e nas diferentes fases de execução da obra avaliada.	879.408,40	96,95	7,13 ²
Total das emissões de GEE		907.049,24	100,00	

¹Calculado; ²média

O cálculo empregado para se avaliar a neutralização das emissões de GEE originadas pela construção em estudo mostrou que a

quantidade de árvores nativas a serem plantadas em um reflorestamento é de 7.068 unidades.

Considerando o total de emissões de 907.049,24 kg CO₂ e a área total da construção de 10.987 m² obteve-se um valor de 82,56 kgCO₂/m². Valores muito superiores aos encontrados neste estudo foram reportados pela Even Construtora (2014) que em inventários de obras com 447.214,66 m², reportou um valor de emissão de 167,10 kgCO₂/m². Silva (2014) também analisou as emissões de GEE na construção de seis obras localizadas na região de Florianópolis/ SC e relatou valores maiores (159 kgCO₂/m²). Cabe ressaltar que as obras avaliadas nos dois estudos citados foram construídas em estrutura convencional.

Por outro lado, Bessa (2010), avaliou as emissões de GEE em uma obra semelhante à desta pesquisa, composta por fachada do tipo “Structural Glazing” e citou uma quantidade similar de emissões (97 kgCO₂/m²). Atribui-se como principais fatores responsáveis para a baixa emissão revelada nesta pesquisa (81,98 kg CO₂/m²), o emprego de divisórias internas de gesso acartonado e a grande quantidade de painéis de “Structural Glazing” empregada no revestimento externo da obra, que refletem, sabidamente, em menores emissões quando comparados à alvenaria tradicional.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados concluiu-se que a emissão total de GEE na obra avaliada, no ano de 2014, foi de 907.049,24 kg CO₂ ou 82,56 kgCO₂/m².

De forma estratificada, observou-se que o Escopo 1, referente ao preparo do terreno, contribuiu com 2,52 % das emissões, o Escopo 2,

referente a energia elétrica adquirida, 0,53% e o Escopo 3, que considera as emissões de GEE no transporte de materiais e na execução das diferentes fases da obra avaliada, 96,95%. Do total das emissões do escopo 3, verificou-se que somente 6,39% ocorreram em função do transporte dos materiais.

Considerando a busca pela sustentabilidade econômica e ambiental na construção civil, enfatizamos a pertinente preocupação com a elaboração de projetos mais sustentáveis, emprego de materiais que resultem em menor impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida, ou a reutilização ou reciclagem dos resíduos nas obras, a escolha de fornecedores localizados próximos ao local da obra, bem como a implantação de mecanismos de compensação das emissões observadas, seja por meio do emprego de fontes de energias renováveis ou pelo estímulo à fixação do CO₂, como é caso do plantio de árvores nativas

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. F. C.; QUINTINO, I. Manual Técnico: Um programa de compensação ambiental que neutraliza emissões de carbono através de projetos socioambientais de plantio de mudas nativas.

Ambiental Company: Macaé. 2010.

<<http://www.ambientalcompany.com.br/ArquivAr/Manual%20T%C3%A9cnico%20-%20Pegada%20Verde.pdf>>

BENITE, A. Emissões de carbono e a construção civil. Centro de Tecnologia de Edificações: São Paulo. 2011.
BESSA, V.M.T. Contribuição da metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios e escritórios. (Tese) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

COSTA, B. L. C. Quantificação das Emissões de CO₂ Geradas na Produção de Materiais Utilizados na

Construção Civil no Brasil. (Dissertação).
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2012.

CPIV COMITÉ PERMANENT DÈS INDUSTRIES
DU VERRE EUROPÉENNES. Rapport EUR 9287.
Energie: Luxembourg. 2011.
<file:///C:/Users/Windows/Downloads/CDNA09287FR
C_001.pdf >.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. Manual de
custos rodoviários- Metodologia e conceitos. 2003.
<[http://www.dnit.gov.br/download/servicos/sicrs/manu
al-de-custos-Rodoviaros/Volume1_Un_2003.pdf](http://www.dnit.gov.br/download/servicos/sicrs/manu
al-de-custos-Rodoviaros/Volume1_Un_2003.pdf)>

EVEN CONSTRUTORA. Relatório de emissões de
gases de efeito estufa. 2014.
<[http://www.even.com.br/sustentavel/wp-
content/uploads/2015/09/Even_RELATORIO-
EMISSOES-2015.pdf](http://www.even.com.br/sustentavel/wp-
content/uploads/2015/09/Even_RELATORIO-
EMISSOES-2015.pdf)>.

FGV FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS Centro de
Estudos em Sustentabilidade. São Paulo: FGV. 2011.
<ghgprotocolbrasil.com.br>

GVces. Comparação dos valores do potencial de
aquecimento global dos gases de efeito estufa entre o 2º
Relatório do IPCC e o 4º Relatório do IPCC. Ciclo
2014 - Protocolo Brasileiro GHG Protocol. 2014.
<www.fgv.br/ces>

HAMMOND, G; JONES, C. Inventory of Carbon and
Energy (ICE), version 2.0. University of Bath. 2011.
<[www.ecocem.ie/downloads/Inventory_of_Carbon_an
d_Energy.pdf](http://www.ecocem.ie/downloads/Inventory_of_Carbon_an
d_Energy.pdf)>.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
CLIMATE Change. Climate Change. Paris. 2007.
<[http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en
/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en
/contents.html)>.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS
TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.
Madeira: Uso sustentável na construção civil. 2009.
<[www.sindisconsp.com.br/downloads/prodserve/publica
ções/manual_madeira2.pdf](http://www.sindisconsp.com.br/downloads/prodserve/publica
ções/manual_madeira2.pdf)>.

MARCOS, M. H. C. Sustentabilidade na Arquitetura e
o uso de ferramenta BIM. Düsseldorf: Kabriceno.
2015.

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO. II Inventário Brasileiro de Emissões e
Remoções Antrópicas de gases de Efeito Estufa.
Relatório de referência: Emissões de gases de efeito
estufa nos processos Industriais. Brasília. 2010.
<www.mcti.gov.br/upd_blob/0228/228962.pdf>

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO. Coordenação Geral de Mudanças

Globais de Clima – CGMC. Estimativas anuais de
emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília.
2014.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.;
SEVERO, E. T. D.; REZENDE, M. A.; ABREU, H. S.
Determinação da densidade da madeira de Pinus
Elliotti Engelm, através de atenuação de radiação gama
comparada a métodos tradicionais. **Floresta e
Ambiente**, v. 11, n.1, p. 1-6, 2004.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL.
Especificação de verificação do programa brasileiro
GHG Protocol. (2013).
<www.ghgprotocolbrasil.com.br>.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL.
Ferramenta de Cálculo. 2014.
<[http://186.202.166.152/ghg/htdocs/index.php?r=site/f
erramenta](http://186.202.166.152/ghg/htdocs/index.php?r=site/f
erramenta)>.

SILVA, E. S. Inventário de Gases de Efeito Estufa na
Etapa de Construção de Edificações Residenciais
Multifamiliares na Região da Grande Florianópolis,
SC. (Mestrado) Universidade Federal de Santa
Catarina, Florianópolis. 2014.

SINDUSCON/ SP SINDICATO DA CONSTRUÇÃO.
Guia Metodológico para Inventários de Emissões de
Gases de Efeito Estufa na Construção Civil Setor:
Edificações. 2013.
<[www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserve/public
acoes/guia_gee_i_pad_eweb.pdf](http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserve/public
acoes/guia_gee_i_pad_eweb.pdf)>.

TCPO - TABELAS DE COMPOSIÇÃO DE PREÇOS
PARA ORÇAMENTOS (2014).
<[www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/outrosem
sustentabilidade/UNEP_capa-miolo-rev.pdf](http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/outrosem
sustentabilidade/UNEP_capa-miolo-rev.pdf)>

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL
PROGRAMME – SUSTAINABLE BUILDINGS AND
CLIMATE INITIATIVE. Common Carbon Metric for
Measuring Energy Use and Reporting Greenhouse
Gas Emission from Building Operations. 2012.
<[http://www.unep.org/sbci/pdfs/unepsbccarbonmetric.
pdf](http://www.unep.org/sbci/pdfs/unepsbccarbonmetric.
pdf)>.

VOTORANTIM BRASIL. Relatório Integrado. 2012.
<[http://www.votorantim.com.br/relatorioanual/relatorio
anual2012/pdf/Vot_RA2012.pdf](http://www.votorantim.com.br/relatorioanual/relatorio
anual2012/pdf/Vot_RA2012.pdf)>.

Marco Aurélio Diniz Maciel

Engenheiro mecânico. Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas da Unicesumar.

Márcia Aparecida Andreazzi

Zootecnista, Doutora. Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas da Unicesumar.

Carlos Barros Júnior

Engenheiro químico, Doutor. Professor aposentado da Universidade Estadual de Maringá. Docente do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas da Unicesumar.

Maria de Los Angeles Perez Lizama

Bióloga, Doutora. Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas da Unicesumar.

José Eduardo Gonçalves

Químico, Doutor. Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas da Unicesumar.
